

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

37487
11 N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 318 834

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 76 22362

(54) **Ciment, son procédé de fabrication et dispositif pour la réalisation de ce procédé.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). **C 04 B 7/00.**

(22) Date de dépôt **22 juillet 1976, à 15 h 8 mn.**

(33) (32) (31) **Priorité revendiquée : Demande de brevet déposée en Autriche le 22 juillet 1975,
n. A 5.652/75 et demande de brevet additionnel déposée le 27 août 1975,
n. A 6.614/75 au nom de la demanderesse.**

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande **B.O.P.I. — «Listes» n. 7 du 18-2-1977.**

(71) **Déposant : Société dite : PERLMOOSER ZEMENTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT,
résidant en Autriche.**

(72) **Invention de :**

(73) **Titulaire : Idem (71)**

(74) **Mandataire : Beau de Loménie, 55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.**

La farine crue de ciment est constituée essentiellement, d'une part, de carbonate de calcium et, d'autre part, des facteurs hydrauliques tels que le dioxyde de silicium, l'oxyde d'aluminium et l'oxyde de fer. Lors de la cuisson du clinker, ces matières se décomposent en matières minérales de clinker donnant lieu au durcissement hydraulique du clinker finement broyé. Dans ce cas, la farine crue doit contenir la plus grande quantité possible de carbonate de calcium pouvant être fixé au maximum lors de la cuisson des facteurs hydrauliques. En conséquence, suivant la composition des facteurs hydrauliques, un mélange brut de ciment doit contenir environ 75 à 78% de carbonate de calcium, la teneur en carbonate de calcium de la farine crue de ciment ne pouvant varier tout au plus que de quelques dixièmes de pour-cent. Par exemple, on peut préparer un mélange brut approprié en utilisant $\frac{3}{4}$ de pierre à chaux et $\frac{1}{4}$ d'argile ou en utilisant une marne dans laquelle la chaux est déjà naturellement mélangée avec des facteurs hydrauliques, ces derniers étant réglés à la teneur désirée en carbonate de calcium, par exemple, avec de la pierre à chaux ou de l'argile. Toutefois, afin que le carbonate de calcium puisse réagir dans la mesure requise avec les facteurs hydrauliques lors de la cuisson du clinker, il est nécessaire de broyer très finement les composants et de les mélanger intimement l'un avec l'autre.

Au début de la fabrication du ciment, alors que l'on ne connaissait pas encore les relations chimiques, comme mélange brut de ciment, on n'a pu utiliser qu'une marne dans laquelle le rapport correct entre la pierre à chaux et les facteurs hydrauliques existait déjà naturellement. De tels gisements sont extrêmement rares et toujours relativement peu importants. Toutefois, en divisant finement et intimement la pierre à chaux et les facteurs hydrauliques dans des marnes de ce type, on a pu renoncer essentiellement au broyage et à l'homogénéisation de la marne avant la cuisson. Actuellement, la farine crue de ciment est pratiquement toujours constituée de plusieurs composants, par exemple, de marne pauvre en chaux et de pierre à chaux. Il a déjà été souligné que le broyage et l'homogénéisation de ces différents composants étaient indispensables afin que la pierre à chaux puisse réagir avec les facteurs hydrauliques. Le mélange brut lui-même doit alors être

broyé et homogénéisé dans la même mesure lorsque, dans un composant du mélange brut, notamment dans la marne, la pierre à chaux et les facteurs hydrauliques sont déjà naturellement divisés en une finesse suffisante, comme c'est généralement le cas. Dès
5 lors, la division intime de la pierre à chaux et des facteurs hydrauliques dans la marne ne peut alors pratiquement pas être exploitée pour réaliser de sensibles économies lors du broyage et de l'homogénéisation qui sont extrêmement coûteux.

Toutefois, d'autre part, on sait que, dans les
10 marnes et, en particulier, pour autant que la chaux et les facteurs hydrauliques soient divisés en une finesse suffisante, même à des températures inférieures à celles habituellement adoptées lors de la fabrication d'un clinker de ciment Portland, il se produit des réactions. On mentionnera, par exemple, la chaux
15 romaine que l'on cuit à partir d'une marne d'une composition déterminée (environ 50% en poids de CaO) et que l'on connaît déjà depuis 100 à 150 ans. Néanmoins, par suite du nombre très limité de gisements de matières premières d'une composition appropriée, de la fabrication compliquée et du fait que des agents liants
20 tels que la chaux romaine subissent un durcissement initial rapide en donnant cependant des résistances finales relativement médiocres, actuellement, les agents liants ne jouent encore qu'un rôle secondaire.

A présent, on a trouvé que des mélanges de clinker
25 de ciment Portland d'une composition habituelle, ainsi que de clinker pauvre en chaux possédaient des propriétés de prise remarquables. Dans la description ci-après, par l'expression "clinker de marne ou clinker pauvre en chaux", on entend un clinker que l'on a soumis à une cuisson à partir d'une matière
30 première qui, comparativement à la farine crue habituelle de ciment, contient beaucoup moins de chaux, les réactions entre les différents constituants pouvant être provoquées aussi bien par des réactions à l'état solide que par des réactions à l'état de fusion, en particulier, par frittage, agglomération et/ou
35 fusion partielle. Comme matières de départ pour ces clinkers de marne, on peut utiliser, entre autres, aussi bien des matières premières naturelles telles que, par exemple, la marne, l'argile calcaire, la marne calcaire, la pierre à chaux argileuse, la marne dolomitique, l'ardoise argileuse, la phyllite, la phyllite
40 calcaire et les roches ultrabasiques, que n'importe quel mélange

de ces matières premières, de même que les produits résiduaux dont la composition équivaut à celle des matières premières décrites de clinker de marne.

5 La composition chimique (formule brute) de ces matières premières de clinker de marne peut varier dans de larges limites. Tout comme la farine crue habituelle de ciment Portland, la matière première de clinker de marne est constituée principalement de composés d'acide silicique, d'alumine, d'oxyde de fer et de chaux, la chaux étant toutefois présente
10 en une quantité inférieure à celle existant dans la farine crue habituelle de ciment Portland.

En conséquence, le clinker de marne contenu dans le ciment suivant l'invention, qui sera décrit ci-après plus en détail, est constitué de composés aptes à l'hydratation et
15 plus pauvres en chaux que le clinker de ciment Portland de la composition habituelle. Dans ce cas, l'aptitude à l'hydratation signifie que les composants présents dans les clinkers de marne et résultant du processus de cuisson sont en mesure de former, par réaction avec l'eau, des composés résistant à
20 l'attaque de l'eau, la nature hydraulique pouvant éventuellement être activée ou renforcée de façon connue en soi par des matières alcalines et/ou sulfatées. Les substances aptes à l'hydratation se distinguent, par cette nature hydraulique qui leur est propre, de substances telles que, par exemple,
25 certaines modifications de l'acide silicique, notamment l'opale ou le kaolin, dont la structure est simplement attaquée par chauffage et qui, par conséquent, sont en mesure de réagir avec l'hydrate de chaux. Lors de la caractérisation des nouvelles formations obtenues dans les clinkers de marne, il faut
30 tenir compte que ces nouvelles formations ont une forte aptitude à donner des cristaux mixtes dont les compositions exactes ne sont pas suffisamment connues dans l'état des connaissances actuelles. Enfin, du fait que les nouvelles formations résultent du moins partiellement de réactions de corps solides,
35 elles ont un degré de classification relativement faible, ce qui, en fait, renforce leur nature hydraulique, mais complique leur identification.

Il existe une série de publications décrivant des clinkers à deux ou plusieurs composants intervenant dans la
40 composition d'agents liants, en particulier, le ciment.

Le Brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 1.696.899 décrit un mélange constitué d'un ciment Portland habituel et de roches acides telles que, par exemple, la porphyrite, la syénite, la granulite, le granit, la pegmatite ou analogues. Après séchage, ces roches acides sont broyées très finement, puis mélangées avec le ciment.

Dans la demande de Brevet 1.646.397 publiée en République Fédérale d'Allemagne, on décrit un ciment constitué de deux clinkers, notamment d'un clinker de ciment Portland de la composition habituelle et d'un clinker préparé avec de la pierre à chaux de peu de valeur ayant une faible teneur en CaCO_3 et éventuellement une haute teneur en MgO . Suivant cette demande de Brevet, on soumet la pierre à chaux de peu de valeur à une cuisson en masse fondue avec de la bauxite, puis on soumet la masse fondue à un refroidissement brusque dans l'eau pour obtenir une matière vitreuse tout comme dans le cas du laitier granulaire de haut fourneau.

Dans le Brevet Allemand 104.774, il est stipulé qu'une farine crue de la composition habituelle, mais ayant une plus forte teneur en MgO contient, de façon connue en soi, une addition minérale facilitant la cuisson. Dans le Brevet Britannique 447.722, on décrit un mélange qui, outre du ciment Portland de la composition habituelle, contient des matières chauffées comportant de l'argile, de la chaux et de l'acide silicique. Après chauffage, ces matières doivent contenir de l'acide silicique chimiquement actif en une quantité permettant de fixer l'hydrate de chaux libéré lors de l'hydratation du clinker de ciment Portland. Les matières prévues suivant ce brevet et présentes en plus du clinker de ciment Portland n'ont aucun pouvoir de prise hydraulique propre. La présente invention a pour objet un ciment constitué d'au moins deux clinkers dont un est un clinker de ciment Portland de la composition habituelle et dont l'autre est au moins un clinker cuit à des températures atteignant, au maximum, environ 1.200°C , ce ciment étant caractérisé en ce que, outre le clinker de ciment Portland, il contient au moins un clinker de marne poreux attaqué par un processus de cuisson à des températures comprises entre 450 et 1.250°C , ce clinker contenant des phases minérales pauvres en chaux et aptes à l'hydratation, ainsi qu'éventuellement des composants durcis

à l'état vitreux. La teneur en composants durcis à l'état vitreux peut atteindre 0-30% en poids, calculés sur la quantité de clinker de marne.

5 De préférence, le ciment contient un clinker de marne cuit à des températures comprises entre 700 et 1.100°C.

Comme phases minérales pauvres en chaux et aptes à l'hydratation (et éventuellement comme composants solidifiés à l'état vitreux), le clinker de marne peut contenir un ou plusieurs composés choisis parmi le groupe comprenant les
10 composés ternaires pauvres en chaux, les silicates de calcium pauvres en chaux, les aluminates de calcium pauvres en chaux, l'anhydrite formée par la réaction entre le carbonate de calcium désacidifié et des composés de soufre, les composants de systèmes à plusieurs matières comportant principalement les composés alcalins provenant des constituants secondaires des
15 matières premières, les composés de soufre, les composés de fer, le fluor et les matières analogues favorisant la réaction entre la chaux et les facteurs hydrauliques, de même que les cristaux mixtes des composés ou des composants précités.

20 Les composés ternaires précités pauvres en chaux qui, en se basant sur la quantité de clinker de marne, sont présents, en particulier, en quantités de 10 à 100% en poids, de préférence, de 30 à 100% en poids et, tout particulièrement, de 50 à 100% en poids, sont choisis, en particulier, parmi le
25 groupe comprenant la gehlenite, la mélilite, l'akermanite, la brownmillerite, le $4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, l'anorthite, la grossulaire, le diopside, la monticellite, la merwinite et la spurrite.

Comme silicate de calcium pauvre en chaux, le clinker de marne contient avantageusement du silicate dicalcique, notamment en quantités de 5 à 100% en poids, en particulier, de 20
30 à 100% en poids, ces pourcentages étant chaque fois calculés sur la quantité de clinker de marne.

Les aluminates de calcium pauvres en chaux et éventuellement contenus dans le clinker de marne sont présents, de préférence, en quantités de 5 à 100% en poids et, en particulier, de 15 à 100% en poids, calculés sur la quantité de
35 clinker de marne.

Comme clinker de ciment Portland de la composition habituelle, le ciment suivant l'invention contient avantageusement un clinker ayant, après refroidissement, un indice de
40

chaux de plus de 90 et, de préférence, supérieur à 96.

Le rapport pondéral entre le clinker de ciment Portland et le clinker de marne se situe, de préférence, entre 25:1 et 1:1 et, en particulier, entre 25:1 et 2:1. Un intervalle de 10:1 à 4:1 (clinker de ciment Portland/ clinker de marne) est particulièrement préféré. Suivant le rapport quantitatif choisi dans les intervalles indiqués ci-dessus, on obtient des ciments ayant des propriétés de traitement et de prise réglées à dessein.

Outre le clinker de ciment Portland et le clinker de marne, le ciment suivant l'invention peut contenir des additifs habituels de ciment et des additifs de broyage de ciment choisis parmi le groupe comprenant le laitier de haut fourneau, le trass, les cendres volantes, la pouzzolane naturelle, la pouzzolane synthétique, les additifs de broyage non hydrauliques tels que, par exemple, la farine crue de ciment et la farine de roche, les matières destinées à régler le comportement à la prise, par exemple, le sulfate de calcium, le gypse de dihydrate et l'anhydrite, ainsi que d'autres matières auxiliaires telles que, par exemple, les substances auxiliaires de broyage et les agents formateurs de pores d'air.

Ainsi qu'on l'a constaté, la composition (chimique) du clinker de marne peut varier dans des limites relativement larges sans altérer pour autant la prise favorable d'un béton préparé à partir du ciment suivant l'invention. En conséquence, d'une manière générale, un réglage précis et coûteux de la matière première, qui est absolument indispensable jusqu'à présent pour la farine crue de ciment Portland de haute valeur, peut être totalement supprimé ou du moins fortement réduit.

La matière première de clinker de marne elle-même peut être chargée en un état très grossier dans le four sans que l'on voit apparaître, dans le clinker de marne cuit, des lacunes d'homogénéité altérant la résistance. En outre, on constate que le clinker de marne cuit ne contient que de faibles quantités de chaux libre et de magnésie ou que, par suite de la nature réactive spécifique du clinker de marne cuit, les plus fortes teneurs éventuellement présentes en chaux libre ou en magnésie n'exercent aucune action déterminante ou gênante. Dès lors, on peut utiliser de la marne dolomitique ayant des teneurs en MgO sensiblement supérieures à celles

autorisées jusqu'à présent pour la fabrication du ciment Portland.

Par suite de la plus faible teneur en carbonate de calcium de ce clinker, l'apport de chaleur spécifique nécessaire pour la cuisson du clinker de marne est inférieur à celui requis pour la farine crue habituelle de ciment Portland, augmentant ainsi le rendement du four. Enfin, le clinker de marne possède une meilleure aptitude au broyage que le clinker de ciment Portland d'une composition habituelle.

Le ciment suivant l'invention, constitué de deux clinkers de compositions chimiques nettement différentes, notamment du clinker de marne défini ci-dessus et du clinker habituel de ciment Portland, offre de sensibles avantages vis-à-vis d'un ciment non mélangé.

En remplaçant une partie du clinker de ciment Portland par le clinker de marne, les ciments durcis contiennent moins d'hydroxyde de calcium puisqu'aussi bien il y a des matières minérales de clinker plus pauvres en chaux, donnant ainsi lieu à un accroissement de la résistance finale et à une amélioration de la résistance aux attaques chimiques. Le nouveau ciment est déjà intéressant pour des raisons de qualité; toutefois, étant donné que la cuisson du clinker de marne doit être effectuée à basse température, il en résulte également de sensibles économies en ce qui concerne l'énergie, l'équipement technique et, par conséquent, les frais consentis, ce qui constitue un avantage économique. Un autre avantage des ciments suivant l'invention réside dans le fait que, par suite de la teneur en clinker de marne, on peut réduire la teneur du mélange de ciment en $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ qui doit être maintenue à de faibles valeurs pour certaines applications. Par exemple, on réduit la formation de fissures dans le béton durci. En outre, on a constaté que, grâce à la fraction de clinker de marne d'un ciment, on améliorerait sensiblement la souplesse et l'aptitude au traitement du béton formé. En conséquence, le ciment suivant l'invention est particulièrement approprié comme matière de départ pour les liants de crépi et de maçonnerie, les liants de mélange, les mortiers préparés et produits analogues. Dans les rapports quantitatifs précités entre le clinker de ciment Portland et le clinker de marne, les résistances obtenues avec les ciments suivant l'invention

sont non seulement comparables, mais également supérieures à celles pouvant être obtenues avec les ciments Portland d'une composition habituelle.

5 Si l'on doit davantage tenir compte de l'influence du clinker de marne, par exemple, dans le cas d'agents liants pour le crépi et la maçonnerie, on peut alors augmenter la quantité de clinker de marne.

10 On peut accroître la vitesse réactionnelle du clinker de marne contenu dans le ciment suivant l'invention en effectuant la cuisson à une température aussi basse que possible et en ajoutant, à la farine crue, des fondants tels que des fluorures, des alcalis, des matières riches en magnésie, des cendres volantes de fours rotatifs ou analogues ou également en refroidissant le plus rapidement possible le
15 clinker de marne après la cuisson. Evidemment, on peut également adopter une combinaison de ces moyens permettant d'élever la réactivité.

En outre, on a constaté qu'il était avantageux d'utiliser un ciment contenant un clinker de marne comportant
20 une certaine quantité, en particulier, moins de 10%, de préférence, moins de 5% d'une masse fondue, ce clinker de marne ayant, par conséquent, une texture poreuse.

En outre, un ciment suivant l'invention contenant un clinker de marne cuit à l'état solide uniquement par
25 réaction et ne comportant absolument pas de masse fondue, possède une vitesse réactionnelle particulièrement élevée.

Suivant une autre forme de réalisation préférée, le ciment suivant l'invention contient, comme additif de broyage, de la farine de pierre à chaux en une quantité de
30 5 à 15% en poids, calculés sur la quantité de clinker de marne contenu dans le ciment. On a constaté que cette fraction de pierre à chaux favorisait tout particulièrement le durcissement du clinker de marne.

Les ciments suivant l'invention peuvent être obtenus en broyant séparément les clinkers éventuellement avec au
35 moins une des substances auxiliaires et un des additifs de broyage précités, ainsi qu'en les mélangeant l'un avec l'autre à l'état broyé, éventuellement avec d'autres substances auxiliaires et d'autres additifs de broyage ou également en broyant
40 ces clinkers éventuellement avec au moins une des substances

auxiliaires et un des additifs de broyage précités. Dès lors, on peut procéder de la manière suivante : on cuit le clinker de ciment Portland de la composition habituelle seul et on le mélange ou le broie avec le ou les clinkers de marne également
5 cuits isolément et, dès lors, portés aux températures indiquées ci-dessus.

A présent, on sait que, pour cuire la farine crue en un clinker de ciment Portland, il est nécessaire d'adopter des températures supérieures à 1.300°C et que, après la cuisson et à la sortie de la zone de cuisson du four qui est généralement un four tubulaire rotatif, l'importante quantité de
10 chaleur présente dans le clinker à la suite du processus de cuisson doit être à nouveau éliminée dans l'appareil de refroidissement de clinker pouvant être réalisé, par exemple, sous
15 forme d'un réfrigérant à grille, d'un réfrigérant satellite, d'un réfrigérant tubulaire ou d'un réfrigérant à cuve. Une partie de la chaleur évacuée est généralement utilisée pour chauffer l'air amené au brûleur du four. Pour le reste, il n'existe généralement pas de possibilité de valorisation ou
20 un domaine d'application. Il en est également de même pour le processus de cuisson auquel sont soumises les matières de départ ou les matières brutes pour la fraction de clinker de marne.

En conséquence, les recherches poussées entreprises
25 dans le cadre de la présente invention ont eu pour but d'éviter ces inconvénients et de fournir, pour la fabrication du nouveau ciment décrit en détail ci-dessus, un procédé dans lequel la combinaison des courants de produits formés de matières premières de clinker ou de clinkers de différentes natures, permet
30 de simplifier considérablement et de rendre plus économique les procédés de fabrication caractérisés jusqu'à présent par deux processus de fabrication séparés pour les deux types de clinkers.

En conséquence, suivant l'invention, il est préférable d'adopter un procédé de fabrication du nouveau ciment
35 décrit en détail ci-dessus, ce procédé permettant, d'une part, d'exploiter très efficacement l'énergie thermique nécessaire pour le processus de cuisson avec, pour conséquence, une diminution des frais influencés d'une manière déterminante dans
40 l'industrie du ciment par le prix croissant de l'énergie tandis

que, d'autre part, ce procédé est d'une réalisation sensiblement simplifiée comparativement aux méthodes adoptées jusqu'à présent, tout en atténuant, en outre, les problèmes d'élimination de chaleur.

5 Ce procédé de fabrication du nouveau ciment est caractérisé en ce que, en utilisant la chaleur fournie au clinker de ciment Portland lors de la cuisson (ou la quantité de chaleur libérée lors du refroidissement ultérieur du clinker chaud), on ajoute, au clinker de ciment Portland chaud de la composition habituelle, dans la zone de refroidissement du procédé et après 10 que ce clinker ait atteint sa température maximale (dans le four de cuisson), au moins une matière première prévue pour la cuisson de la quantité de clinker de marne, cette matière première étant choisie parmi le groupe comprenant la marne, l'argile calcaire, 15 l'ardoise argileuse, la marne calcaire, la marne dolomitique, la marne argileuse, l'ardoise marneuse, l'ardoise, la pierre à chaux argileuse, la phyllite, la phyllite calcaire, les roches ultrabasiques et les produits résiduels d'une composition analogue à celle des matières premières de clinker de marne décrites 20 tandis que, par suite du contact direct avec le clinker de ciment Portland chaud, on chauffe à la température désirée de 450 à 1.250°C, en particulier, de 700 à 1.100°C, après quoi on refroidit finalement le mélange de clinker.

Dans la description ci-après, l'expression "zone de 25 refroidissement du procédé" a la signification suivante : elle commence dans le four de cuisson à l'endroit où le clinker de ciment Portland a dépassé la température maximale au cours de son passage dans le four et cette zone de refroidissement s'étend sur la zone de transition située entre le four de cuisson, en particulier, le four rotatif, jusqu'au réfrigérant de 30 clinker et à l'intérieur de ce dernier jusqu'à la fin du processus de refroidissement.

Grâce à l'addition des matières premières de clinker de marne au clinker de ciment Portland chaud suivant l'invention, 35 on assure un contact intensif et direct des courants de produits et, par conséquent, un transfert très efficace de l'énergie thermique accumulée dans le clinker de ciment Portland à la suite du processus de cuisson, dans les matières premières de clinker de marne généralement chargées à froid. Dès lors, par 40 suite du contact avec les matières premières froides de clinker

de marne, le clinker de ciment Portland qui vient d'être cuit est avantageusement refroidi rapidement, tandis que ces matières premières de clinker de marne sont portées à la température de cuisson chaque fois désirée en étant transformées en clinker de marne souhaité. Grâce au transfert de chaleur rapide du clinker de ciment Portland chaud à la ou aux matières premières froides de clinker de marne, d'une part, on améliore la qualité du clinker de ciment Portland et, d'autre part, la surface des particules des matières premières de clinker de marne est chauffée d'une manière particulièrement rapide et à une température élevée, donnant ainsi une texture ferme et plus dense avec une meilleure résistance à l'usure par frottement, tandis que l'intérieur des particules qui est chauffé plus lentement et à des températures plus basses par suite de la quantité de chaleur disponible limitée, est plus poreux et possède ainsi une très haute réactivité.

En outre, grâce à l'addition préférée de la matière première de clinker de marne au clinker de ciment Portland chaud suivant l'invention, par exemple, on réduit aisément et sensiblement la charge exercée sur le réfrigérant de clinker ou la sortie du four par le clinker de ciment Portland atteignant habituellement, à la sortie du four, des températures d'environ 1.300°C tandis que, par ailleurs, on peut accroître sensiblement l'effet de refroidissement exercé par le réfrigérant de clinker. En adoptant le processus de travail commun, on peut également économiser une partie des processus de mélange et de broyage qui étaient nécessaires jusqu'à présent du fait que les processus de cuisson étaient effectués séparément.

Afin d'obtenir un ciment ayant chaque fois la qualité recherchée, on peut ajouter, au clinker de ciment combiné obtenu suivant l'invention, au moins un des additifs habituels de broyage de ciment déjà mentionnés ci-dessus et choisi parmi le groupe comprenant le laitier de haut fourneau, le trass, les cendres volantes, la pouzzolane naturelle, la pouzzolane synthétique, les additifs de broyage non hydrauliques tels que, par exemple, la farine crue de ciment ou la farine de roche, des additifs de broyage en vue de régler le comportement à la prise, par exemple, le sulfate de calcium, le gypse de dihydrate et l'anhydrite, ainsi que d'autres matières auxiliaires telles que, par exemple, des substances auxiliaires de broyage ou des forma-

teurs de pores d'air.

L'addition des matières premières de clinker de marne dans la zone de refroidissement peut être effectuée de diverses manières que l'on décrira encore ci-après.

5 Suivant le procédé de l'invention, il est non seulement possible, mais même avantageux d'ajouter, au clinker de ciment Portland chaud, la matière première de clinker de marne à l'état grossier, notamment, en morceaux d'environ 5 à environ 100 mm, de préférence, de 10 à 30 mm sans qu'apparaissent, dans le clinker de marne cuit, des lacunes d'homogénéité altérant la résistance.

10 Le rapport quantitatif entre les matières premières ajoutées de clinker de marne et le clinker chaud de ciment Portland peut varier dans de larges limites et notamment, 15 d'une part, suivant la quantité de clinker de marne que l'on veut avoir dans le ciment pour des raisons de qualité et, d'autre part, suivant les températures auxquelles les matières premières de clinker de marne doivent être chaque fois chauffées. Si leur température de cuisson doit être élevée, c'est-à-dire 20 entre environ 800 et 1.100°C, on ajoute moins de matières premières de clinker de marne ou on peut également prévoir encore un apport de chaleur supplémentaire ; si l'on désire un chauffage plus faible, notamment, à une température de 500 à 800°C, ces matières premières peuvent être ajoutées en une plus grande 25 quantité. La température à laquelle les matières premières de clinker de marne sont chauffées dans la quantité désirée ou fixe , peut être réglée en choisissant l'endroit où a lieu l'addition ; si, par exemple, on désire atteindre une température de cuisson plus basse pour les matières premières de clinker de marne, on ajoute alors ces dernières immédiatement 30 avant l'entrée du courant de clinker dans le réfrigérant ou directement dans le réfrigérant lui-même. En règle générale, entre les matières premières de clinker de marne (désignées dans la présente spécification par l'expression "clinker de marne préparé") et le clinker de ciment Portland de la composition habituelle, on choisit un rapport pondéral de 1:1 à 35 1:25 en particulier, de 1:2 à 1:25. On peut obtenir des résultats particulièrement favorables, plus spécialement en ce qui concerne le caractère économique en atteignant en même temps 40 de hautes résistances, avec des rapports pondéraux se situant

entre 1:4 et 1:10 (chaque fois entre le clinker de marne et le clinker de ciment Portland de la composition habituelle). Les ciments ainsi obtenus sont analogues aux ciments Portland, mais ils surpassent généralement ces derniers en ce qui concerne l'aptitude au traitement du béton et d'autres propriétés.

Il est avantageux d'effectuer le procédé de telle sorte que le clinker de marne contienne une certaine quantité, en particulier, moins de 10% et, de préférence, moins de 5% d'une masse fondue, ce clinker ayant ainsi une texture poreuse.

On obtient une haute vitesse réactionnelle lorsqu'on effectue le procédé de telle sorte que le clinker de marne soit formé d'un clinker cuit uniquement à l'état solide et ne contenant essentiellement pas de masse fondue.

Pour fabriquer le ciment suivant l'invention et pour la réalisation du procédé décrit ci-dessus, suivant l'invention, la préférence est donnée à un dispositif comportant un four de cuisson, en particulier, un four rotatif, en vue de cuire le clinker de ciment Portland de la composition habituelle, de même qu'un dispositif de refroidissement et, de préférence, un dispositif de transfert situé entre l'extrémité de sortie du four rotatif et le dispositif de refroidissement ultérieur formé par un réfrigérant de clinker, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'on prévoit, pour l'addition des matières premières de clinker de marne, un dispositif d'alimentation dont l'extrémité de sortie est située dans la zone de refroidissement du procédé.

Suivant la température de cuisson désirée du clinker de marne, l'extrémité de sortie du dispositif d'alimentation peut se situer à l'endroit de la partie de la zone de refroidissement qui se trouve encore dans le four, c'est-à-dire dans la zone de l'extrémité du four ou à l'intérieur du dispositif de transfert ou encore à l'intérieur du réfrigérant de clinker. Toutefois, on peut également charger les matières premières de clinker de marne par plusieurs dispositifs d'alimentation situés chacun aux endroits indiqués.

Comme dispositif d'alimentation, on peut avantageusement employer une vis transporteuse sans fin. Un organe de transport fixe est d'une construction et d'un maniement particulièrement simples. Comme organe de ce type, on peut employer une simple goulotte, un tube d'alimentation (tube de descente) ayant n'importe quelle section transversale, un couloir ou une

rigole. Il est également possible de former le dispositif d'alimentation au moyen d'une hotte disposée sur l'enveloppe de l'extrémité de sortie du four rotatif ou sur l'enveloppe d'un réfrigérant tubulaire rotatif ou encore au moyen de
5 pièces rapportées en forme de pales traversant cette enveloppe et pénétrant à l'intérieur du réfrigérant.

Si, par exemple, on utilise une goulotte chargeant les matières premières de clinker de marne, par exemple, dans la zone de sortie du four, par suite de la rotation de ce
10 dernier, on obtient encore, dans cette zone de sortie, un mélange intime entre le clinker de ciment Portland chaud et le clinker de marne.

De préférence, on utilise un dispositif suivant une des formes de réalisation décrites ci-dessus, ce dispositif
15 étant caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est raccordé au dispositif de transfert situé entre le four et le dispositif de refroidissement en intercalant au moins un dispositif d'étanchéification.

20 Comme dispositif d'étanchéification permettant, en particulier, d'introduire les matières premières d'une manière étanche aux gaz à l'endroit désiré de la zone de refroidissement, on emploie, de préférence, des clapets oscillants doubles ou des sas à cellules.

25 Si le four rotatif comporte des réfrigérants satellites, on introduit avantageusement le dispositif d'alimentation ou plutôt son extrémité de sortie dans la zone des orifices de passage du four rotatif aux réfrigérants de telle sorte que l'addition des matières premières du clinker de marne ait lieu
30 dans la zone de passage du four aux réfrigérants.

Il est particulièrement préférable d'utiliser un dispositif formé par au moins une spirale ou une aile de vis sans fin encastrée sur le côté intérieur de l'enveloppe du four rotatif et entraînée en rotation avec cette dernière,
35 cette spirale ou cette aile transportant les matières premières de clinker de marne chargées à l'extrémité du four vers les orifices de passage du four rotatif aux réfrigérants satellites ; en présence de plusieurs spirales ou ailes de vis sans fin, leurs extrémités (de sortie) peuvent être orientées de façon
40 à ne transporter chaque fois les matières premières de clinker

de marne que vers les orifices de passage désirés des réfrigérants satellites, ce qui est particulièrement avantageux lorsque la quantité de clinker de marne à brûler est relativement faible et que les matières premières ne doivent pas être chauffées à des températures trop élevées. En outre, afin d'assurer le transport de la matière première de clinker de marne, la sortie du four rotatif peut être conique et l'enveloppe du four peut avoir une contre-inclinaison compensant l'inclinaison du four rotatif et grâce à laquelle les matières premières de clinker de marne chargées à l'extrémité du four sont transportées vers les orifices de passage des réfrigérants satellites.

En outre, en particulier en ce qui concerne le réglage de la quantité des matières premières de clinker de marne chargées et, par conséquent, le réglage de la température à laquelle ces matières sont chauffées, il est préférable d'utiliser un dispositif caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation destiné à ajouter les matières premières de clinker de marne est relié au four ou au dispositif de transfert en intercalant au moins un dispositif de dosage.

L'invention sera décrite ci-après plus en détail en se référant aux dessins annexés illustrant des exemples de réalisation des dispositifs suivant l'invention pour la mise en oeuvre du procédé de cette dernière. Dans les dessins annexés :

la figure 1 est une vue schématique d'une installation à four rotatif pour la réalisation du procédé de l'invention, cette vue montrant les endroits où l'addition des matières premières de clinker de marne peut être effectuée principalement ;

la figure 2 est une vue, à une échelle agrandie, de l'extrémité de sortie d'un four rotatif dans lequel les matières premières de clinker de marne sont chargées directement dans la partie rotative du four et dans la zone de l'extrémité de ce dernier ;

la figure 3 est une coupe prise suivant la ligne III-III de la figure 2 ;

la figure 4 est une vue de l'extrémité de sortie d'un four rotatif dans lequel les matières premières de clinker de marne sont chargées dans le dispositif de transfert situé

entre le four rotatif et le dispositif de refroidissement, cette vue étant prise à une échelle agrandie par rapport à la figure 1;

5 la figure 5 est une coupe prise suivant la ligne V-V de la figure 4 ;

la figure 6 est une vue de l'extrémité de sortie d'un four rotatif dans lequel les matières premières de clinker de marne sont chargées dans la partie rotative du dispositif de refroidissement monté à la suite du four rotatif, cette
10 vue étant prise à une échelle agrandie par rapport à la figure 1;

la figure 7 est une coupe prise suivant la ligne VII-VII de la figure 6 ;

la figure 8 est une vue de l'extrémité de sortie d'un four rotatif dans lequel les matières premières de clinker de marne sont chargées directement dans le four rotatif au
15 moyen d'un tube de descente ou d'une goulotte, cette vue étant prise partiellement en coupe et à une échelle agrandie par rapport à la figure 1 ;

la figure 9 est une coupe prise suivant la ligne IX-IX de la figure 8 ;
20

la figure 10 est une coupe de l'extrémité de sortie d'un four rotatif pourvu de réfrigérants satellites et dans lequel les matières premières de clinker de marne sont chargées dans la zone des ouvertures de sortie allant aux réfrigérants
25 satellites, cette vue étant prise à une échelle agrandie par rapport à la figure 1, et

la figure 11 est une vue schématique et partiellement en coupe d'une installation de four à cuve pour la réalisation du procédé de l'invention.

30 Dans les différentes figures, les éléments mutuellement correspondants sont désignés par les mêmes chiffres de référence.

L'installation de four rotatif représentée en figure 1 pour la réalisation du procédé de l'invention comprend essentiellement le four rotatif proprement dit 1, un dispositif de
35 chargement 2 pour le produit du four, un dispositif de refroidissement 3 pour le produit soumis à cuisson, ce dispositif étant monté à la suite du four rotatif 1, un dispositif d'alimentation 4 destiné à charger les matières premières de clinker de marne, de même qu'une installation d'échange de chaleur 5 en vue de
40

chauffer la farine crue par les gaz résiduaire chauds du four. Evidemment, l'installation d'échange de chaleur du type représenté peut être remplacée par un préchauffage à grille Lepol ou en prolongeant le four tubulaire rotatif par une zone de calcination et de séchage.

Le four rotatif 1 est légèrement incliné de façon connue par rapport à l'horizontale et il comporte des couronnes de roulement 6 reposant sur des galets 7 disposés dans des paliers 8 (figures 2, 4, 6, 8). Le four rotatif est entraîné par un moteur (non représenté en détail), ainsi que par une transmission entraînant une couronne dentée 9 assemblée solidai-
rement en rotation au four rotatif.

Au four rotatif 1, est raccordé le dispositif de refroidissement 3 pour le produit soumis à cuisson en intercalant un dispositif de transfert 10. Ce dispositif de transfert 10 fait en même temps office de support pour le brûleur 11 du four rotatif 1 et il constitue un conduit de descente par lequel le produit quittant le four rotatif 1 pénètre dans le dispositif de refroidissement 3. Le dispositif de refroidissement 3 peut être sélectivement un réfrigérant tubulaire (figures 2-7), un réfrigérant à grille (figures 8 et 9), un réfrigérant à cuve ou un réfrigérant planétaire ou satellite (figure 10). Dans le cas d'un réfrigérant tubulaire, ce dernier est entraîné au moyen d'un moteur (non représenté).

La matière première de clinker de marne est chargée dans la zone de refroidissement du procédé au moyen du dispositif d'alimentation 4. Dans ce cas, comme représenté en traits discontinus en figure 1, le point de chargement peut être situé sélectivement à l'extrémité du four rotatif lui-même (figures 2 et 3 ou 8 et 9), dans le dispositif de transfert (figures 4 et 5), à l'extrémité du dispositif de refroidissement (figures 6 et 7) ou dans une extrémité de sortie conique du four rotatif (figure 10). Dans ce cas, le raccordement du dispositif d'alimentation 4 à la zone de refroidissement du procédé est effectué, de préférence, en intercalant un dispositif de dosage 12. Le dispositif de dosage 12 peut être, par exemple, une bande transporteuse de pesage.

Dans la forme de réalisation illustrée dans les figures 2 et 3, ainsi qu'on l'a mentionné, le point d'introduction de la matière première de clinker de marne est situé im-

médiatement à l'extrémité du four rotatif 1. Le dispositif d'alimentation 4 et le dispositif de dosage 12 sont situés latéralement au-dessus et à l'écart de l'extrémité du four rotatif 1 qui, sur une courte partie de sa longueur, est entouré d'une hotte 13 comportant une ouverture d'entrée tangentielle 14. Dans la zone située à l'intérieur de cette hotte 13, le four rotatif 1 comporte deux ouvertures diamétralement opposées 15 auxquelles sont adaptées des pièces rapportées en forme de pales 16 pénétrant dans la hotte 13 et allant à l'intérieur du four rotatif, ces pièces rapportées tournant avec le four 1. L'ouverture d'entrée 14 de la hotte 13 est reliée à la sortie du dispositif de dosage 12 en intercalant un organe de blocage et/ou d'étanchéification 17 réalisé sous forme d'une roue cellulaire.

Tout comme le four rotatif 1, le dispositif de refroidissement 3 réalisé sous forme d'un réfrigérant tubulaire comporte une couronne de roulement 18 reposant sur un palier 20 par l'intermédiaire de galets 19 (figures 2-7). Le sens de rotation du four 1 est indiqué par la flèche 21, tandis que le sens de rotation du réfrigérant tubulaire 3 est indiqué par la flèche 22.

Dès lors, dans la forme de réalisation représentée dans les figures 2 et 3, la matière première de clinker de marne chargée par le dispositif d'alimentation 4 est amenée, par le dispositif de dosage 12, l'organe de blocage et/ou d'étanchéification 17, ainsi que l'ouverture d'entrée tangentielle, dans la hotte 13 où elle est ramassée par les pièces rapportées en forme de pales 16 pour arriver ensuite, via les ouvertures 15, à l'intérieur du four rotatif 1 où elle entre en contact avec le clinker de ciment Portland chaud de la composition habituelle.

Dans la forme de réalisation représentée dans les figures 4 et 5, le dispositif d'alimentation 4 destiné à charger les matières premières de clinker de marne comporte une vis transporteuse sans fin 23 dont l'extrémité de sortie débouche, ainsi qu'on l'a mentionné, dans le dispositif de transfert 10 situé entre le four rotatif 1 et le dispositif de refroidissement 3 à nouveau réalisé sous forme d'un réfrigérant tubulaire. La vis transporteuse sans fin 23 est réalisée sous forme d'une vis sans fin dite à refoulement, c'est-

à-dire que dans la zone de l'extrémité de sortie de cette vis sans fin 23, lors du fonctionnement, il se produit un refoulement ou un bouchon des matières de clinker de marne chargées, ce refoulement ou ce bouchon constituant un joint ou une fermeture d'air. Dans ce cas, la trémie d'alimentation de la vis sans fin 23 est désignée par le chiffre 25. Dans ce cas également, la matière s'écoule via le dispositif de dosage 12 réalisé sous forme d'une bande transporteuse de pesage, en direction de l'extrémité d'entrée de la vis sans fin 23 qui est entraînée par un moteur 24, la matière étant ensuite introduite dans le dispositif de transfert 10 au moyen de cette vis sans fin 23. La vis sans fin 23 est disposée dans un plan essentiellement transversal à l'axe de rotation du four rotatif 1, de sorte que les matières premières de clinker de marne sont introduites directement dans la matière déversée par l'extrémité de sortie du four rotatif 1.

Dans la forme de réalisation illustrée dans les figures 6 et 7, le point d'introduction de la matière première de clinker de marne se situe à l'extrémité d'entrée du réfrigérant tubulaire 3 et il est réalisé essentiellement comme représenté dans les figures 2 et 3. Le dispositif d'alimentation 4 et le dispositif de dosage 12 sont disposés latéralement à côté et à l'écart du réfrigérant tubulaire rotatif 3 qui, sur une courte partie de sa longueur, est entouré d'une hotte 26 comportant une ouverture d'entrée tangentielle 27. A l'intérieur de cette hotte 26, le réfrigérant tubulaire 3 comporte deux ouvertures diamétralement opposées 28 auxquelles sont adaptées des pièces rapportées en forme de pales 29 pénétrant dans la hotte 26 et allant à l'intérieur du réfrigérant tubulaire 3, ces pièces rapportées tournant avec le réfrigérant tubulaire. L'ouverture d'entrée 27 dont l'axe est essentiellement orienté verticalement vers le haut, est reliée à l'extrémité de sortie du dispositif de dosage 12 en intercalant un dispositif d'étanchéification 30 réalisé sous forme d'un sas oscillant double. Le sas oscillant double ou plutôt le clapet oscillant double est constitué de deux systèmes de fermeture écartés l'un de l'autre, l'un étant toujours forcément fermé, tandis que l'autre est ouvert si bien que, lors de chaque manoeuvre, seule la matière se

trouvant entre les deux systèmes de fermeture peut pénétrer dans l'ouverture d'entrée tangentielle 27 de la hotte 26. Dès lors, la matière première de clinker de marne chargée par le dispositif d'alimentation 4 est introduite dans l'ouverture d'entrée tangentielle 27 de la hotte 26, via le dispositif de dosage 12 et le dispositif d'étanchéification 30, pour être ensuite ramassée, dans la hotte 26, par les pièces rapportées 29 en forme de pales tournant dans le sens de la flèche 22, cette matière première étant ensuite introduite dans le réfrigérant tubulaire 3 alors qu'elle est en mouvement.

Dans la forme de réalisation représentée dans les figures 8 et 9, le dispositif d'alimentation 4 destiné à charger les matières premières de clinker de marne comprend un organe transporteur fixe 31 dont l'extrémité de sortie pénètre directement dans l'extrémité de sortie du four rotatif 1. L'organe transporteur fixe peut également se mouvoir de façon que son extrémité de sortie soit déplacée en direction de l'axe du four.

L'organe transporteur 31 peut être un tuyau de descente, une goulotte ou encore un couloir ou une rigole verticale ou inclinée. Dans ce cas, la matière s'écoule du dispositif d'alimentation 4 puis, en passant par le dispositif de dosage 12 et un dispositif d'étanchéification 32 pouvant à nouveau être un sas oscillant double du type représenté dans les figures 6 et 7, elle arrive sur l'organe transporteur fixe 31 amenant la matière première de clinker de marne directement dans l'extrémité de sortie du four rotatif 1. Dans ce cas, l'organe transporteur fixe 31 traverse le dispositif de transfert 10 et il s'étend dans un plan excentrique par rapport à l'axe de rotation du four 1 afin que le brûleur 11 de ce four puisse rester dans l'axe de rotation de ce dernier. Dans cette forme de réalisation, le dispositif de refroidissement 3 adapté à la suite du dispositif de transfert 10 est un réfrigérant à grille.

Dans la forme de réalisation représentée en figure 10, la matière première de clinker de marne est chargée dans l'extrémité de sortie conique 34 du four rotatif 1 au moyen du dispositif d'alimentation 4 et via le dispositif de dosage 12, ainsi qu'une vis transporteuse sans fin 33. Dans

ce cas, le dispositif de refroidissement 3 monté à la suite du four rotatif 1 est réalisé sous forme de réfrigérants satellites, les différents satellites disposés à l'écart l'un de l'autre sur la périphérie de l'extrémité de sortie du four rotatif 1 et tournant par conséquent avec ce dernier, étant désignés par les chiffres de référence 35. Les ouvertures de passage de la matière cuite du four rotatif 1 dans les différents réfrigérants satellites 35 sont désignées par les chiffres 36. Dans l'extrémité conique 34 du four rotatif 1, on prévoit plusieurs spirales ou ailes de vis sans fin 37 faisant chaque fois circuler la matière première de clinker de marne vers une des ouvertures 36 destinées au passage de la matière soumise à cuisson. Le brûleur 11 du four rotatif 1 est à nouveau situé dans l'axe de rotation de ce dernier tandis que, par contre, la vis sans fin 33 est disposée parallèlement à cet axe.

La vis sans fin 33 est entraînée au moyen d'un moteur 38. En guise de protection contre la chaleur de rayonnement et afin de prémunir le personnel chargé de la manoeuvre contre les blessures provoquées par les réfrigérants satellites rotatifs, on prévoit un écran 39 traversant la vis sans fin 33. Dès lors, dans cette forme de réalisation, les matières premières de clinker de marne chargées par le dispositif d'alimentation 4 par l'intermédiaire de la vis sans fin 33 et des spirales 37 arrivent aux ouvertures de passage 36 vers les réfrigérants satellites 35 où elles entrent en contact avec le clinker de ciment Portland chaud de la composition habituelle venant du four rotatif 1.

Dans la forme de réalisation représentée en figure 11, le four de cuisson est un four à cuve 40 comportant un dispositif de chargement 41 pour la farine crue de ciment Portland de la composition habituelle, une zone de cuisson 42 et une zone de refroidissement 43. Au point de transfert entre la zone de cuisson 42 et la zone de refroidissement 43, on prévoit un dispositif d'alimentation 44 destiné à charger les matières premières de clinker de marne, ce dispositif d'alimentation comportant un dispositif de dosage 45 sous forme d'une bande transporteuse de pesage, un sas oscillant double 46, un organe transporteur 47 et un plateau rotatif 48 introduisant les matières premières de clinker de marne

dans le four à cuve 40 via une ouverture 49 pratiquée dans la paroi de ce dernier. Les matières premières de clinker de marne entrent alors en contact avec le clinker de ciment Portland de la composition habituelle dans le four à cuve.

5 Les dispositifs représentés dans les différentes figures peuvent également être combinés l'un avec l'autre ou mutuellement échangés.

10 Les ciments de l'invention, de même que leur fabrication seront décrits ci-après plus en détail par les exemples suivants.

Exemple 1

15 On broie, à des finesses différentes, différentes matières premières de clinker de marne ayant les compositions A à E (tableau 1) et on les soumet à une cuisson à des températures comprises entre 500 et 1.200°C dans des fours à moufle ou dans un four rotatif. Le tableau 2 indique les compositions des clinkers de marne ainsi formés. Ensuite, on broie le clinker de marne avec du clinker de ciment Portland de la composition habituelle et de la roche de gypse brute dans différents rapports quantitatifs. On soumet les mélanges de ciment obtenus
20 à des essais conformément à la norme autrichienne B 3310 prévue pour les ciments. Les résultats sont repris dans le tableau 2 ci-après.

25

TABLEAU 1

Matière première de
clinker de marne

A

B

C

D⁺)E⁺⁺)

Analyse de la matière
première non soumise
à cuisson (% en poids)

Pertes au feu	20	20	25	22	19
SiO ₂	34,3	34,3	17,5	20,1	23,1
Al ₂ O ₃	13,0	13,0	8,4	13,5	10,3
Fe ₂ O ₃	5,8	5,8	2,9	3,0	3,4
CaO	18,7	18,7	42,0	37,8	32,0
MgO	4,5	4,5	2,9	non déterminé	8,4

Finesse (% en poids)

10-25 mm	0	40	0	0	0
1-10 mm	0	30	0	0	0
0,2-1 mm	0	} 30	0	0	60
< 0,2 mm	100		100	100	40

+) Mélange d'une marne argileuse avec une marne calcaire dans le rapport de 2:1.

++) Phyllite calcaire.

TABLEAU 2

Clinker de marne	A	B		
		800°C 2 heures	600°C 2 heures	1.000°C 2 heures
Température de cuisson	-			1.200°C 2 heures
Durée de cuisson				
Composition chimique en % en poids				
CO ₂		6,3	11,2	0,2
CaO-libre		0,4	0,1	0,0
Nouvelles formations décelées dans le clinker de marne +) (phases principales)	Me		Me	Me C ₄ AF CS CAS ₂
Ciment constitué de :				
clinker de ciment Portland				
de la composition habituelle %	94	64	94	79
Clinker de marne %	-	30	-	15
Roche de gypse brute %	6	6	6	6
Rigidité normalisée (%)				
Début de la prise (h/min.)	27,5	29,0	30,0	27,5
Fin de la prise (h/min.)	2/50	2/30	2/50	2/10
	3/30	3/10	3/30	2/55
Constance de volume	constant	constant	constant	constant
Expansion (cm)	21,8	20,0	19,0	21,5
Résistance à la flexion (kp/cm ²)				
après 3 jours	55	48	42	51
après 7 jours	64	62	56	64
après 28 jours	72	73	71	73
Résistance à la compression (kp/cm ²)				
après 3 jours	252	230	182	230
après 7 jours	320	321	260	315
après 28 jours	401	418	387	395
				211
				300
				388

TABLEAU 2 (suite)

Clinker de marne	C			D		
	-	500°C	900°C	-	900°C	
Température de cuisson						
Durée de cuisson		2 heures	2 heures			Four tubulaire rotatif
Composition chimique en % en poids						
CO ₂						
CaO-libre		18,3 0,5	6,5 5,0		2,3 6,5	
Nouvelles formations décelées dans le clinker de marne +) (phases principales)		Ge	Ge C ₂ S C ₄ AF CaSO ₄		Ge C ₄ AF CA C ₂ S	
Ciment constitué de :						
Clinker de ciment Portland de la composition habituelle (%)	94	79 15 6	79 15 6	95	82 13 5	47,5 47,5 5
Roche de gypse brute (%)						
Rigidité normalisée (%)	27,5	28	28	28,0	28,5	35,0
Début de la prise (heures/minutes)	2/50	2/00	2/10	3/10	3/25	0/25
Fin de la prise (heures/minutes)	3/30	3/00	2/40	4/00	4/30	0/45
Constance de volume	constant	constant	constant	constant	constant	constant
Expansion (cm)	21,8	21,7	21,2	-	-	-
Résistance à la flexion (kp/cm ²)						
après 3 jours	55	53	52	53	50	30
après 7 jours	64	65	63	-	-	-
après 28 jours	72	70	75	73	76	60
Résistance à la compression (kp/cm ²)						
après 3 jours	252	230	231	245	239	121
après 7 jours	320	302	325	-	-	-
après 28 jours	401	376	444	435	468	334

TABLEAU 2 (suite)

Clinker de marne	E	
Température de cuisson .	1.000°C	
Durée de cuisson	Four tubulaire rotatif	
Composition chimique en % en poids		
CO ₂	4,9	
CaO-libre	7,2	
Nouvelles formations décelées dans le clinker de marne +) (phases principales)	Me C ₂ S	
Ciment constitué de :		
Clinker de ciment Portland de la composition habituelle (%)	94	77
Clinker de marne (%)	-	17
Roche de gypse brute (%)	6	6
Rigidité normalisée (%)	27,5	27,5
Début de la prise (heures/minutes)	2/50	3/00
Fin de la prise (heures/minutes)	3/30	3/35
Constance de volume	constant	constant
Expansion (cm)	21,8	20,2
Résistance à la flexion (kp/cm ²)		
après 3 jours	55	50
après 7 jours	-	-
après 28 jours	72	69
Résistance à la compression (kp/cm ²)		
après 3 jours	252	216
après 7 jours	-	-
après 28 jours	401	379

+) Me = Melilithe

Ge = gehlenite

C₄AF = brownmillerite (série de cristaux mixtes de 2 CaO.Fe₂O₃ à 6 CaO. 2 Al₂O₃ . Fe₂O₃).C₂S = 2 CaO.SiO₂CA = CaO.Al₂O₃CS = CaO. SiO₂CAS₂ = CaO.Al₂O₃.2 SiO₂

Exemple 2

<p>Dans un four tubulaire rotatif chauffé au mazout (puissance : 460 t/jour), on cuit un clinker de ciment Portland constitué de 56,9% de C_3S, de 15,3% de C_2S, de 14% de C_3A et de 8,2% de C_4AF. Via une ouverture pratiquée dans la tête du four et à hauteur de la plateforme de ce dernier, on charge, sur la goulotte d'alimentation allant au réfrigérant tubulaire, une matière première de clinker de marne d'une granularité de 12 à 32 mm (composition : 24,3% de pertes au feu, 31,3% de SiO_2, 10,8% d'Al_2O_3, 4,5% de Fe_2O_3, 49,8% de CaO). Cette matière première se mélange alors avec le clinker de ciment Portland chaud sortant du four. La matière première de clinker de marne est ajoutée en une quantité de 5.900 kg/h, si bien que l'on obtient un rapport pondéral d'environ 80:20 entre le clinker de ciment Portland de la composition habituelle et le clinker de marne. Après broyage avec un mélange de roche de gypse brute et d'anhydrite dans un broyeur tubulaire à ciment (puissance : 55 t/h), on soumet le clinker ainsi obtenu et, à titre de comparaison, un clinker de ciment Portland exempt de clinker de marne à un essai suivant la norme autrichienne B 3310 prévue pour les ciments. Les résultats sont les suivants :</p>			
	Clinker de ciment Portland non mélangé	Mélange de clinker de ciment Portland et de clinker de marne	
25	Rigidité normalisée	25,5%	26,0%
	Début de la prise	3 h 35	3 h 45
	Fin de la prise	4 h 00	4 h 20
30	Echantillon de cuisson	stable	stable
	Résistance à la flexion		
	après 3 jours	46 kp/cm ²	43 kp/cm ²
	après 7 jours	53 kp/cm ²	52 kp/cm ²
35	après 28 jours	67 kp/cm ²	72 kp/cm ²
	Résistance à la compression		
	après 3 jours	216 kp/cm ²	223 kp/cm ²
	après 7 jours	275 kp/cm ²	272 kp/cm ²
40	après 28 jours	387 kp/cm ²	411 kp/cm ²

Des bétonnages comparatifs effectués simultanément indiquent une souplesse et une aptitude au traitement nettement meilleures pour le béton réalisé avec le ciment contenant du clinker de marne.

5 Exemple 3

 Dans un four tubulaire rotatif chauffé au mazout (puissance : 1.050 t/jour), on cuit un clinker de ciment Portland de la composition suivante : 68,2% de C_3S , 9,8% de C_2S , 9,9% de C_3A et 7,4% de C_4AF . A l'aide d'un tube refroidi à l'eau, dans une zone éloignée d'environ 1 m de la sortie du four, on introduit une marne d'une granularité de 18/40 mm constituée de 21,4% de pertes au feu, de 42% de SiO_2 , de 19,6% d' Al_2O_3 , de 5,8% de Fe_2O_3 et de 25,1% de CaO , directement dans le four tubulaire rotatif où elle se mélange avec le clinker chaud. Ensuite, le mélange tombe dans un réfrigérant à grille où il est refroidi. La quantité de marne chargée dans le four est de 6.700 kg/h de sorte que l'on obtient, entre le clinker de ciment Portland de la composition habituelle et le clinker de marne, un rapport pondéral d'environ 88:12. Après broyage avec de la roche de gypse brute dans un broyeur tubulaire à ciment (puissance : 43 t/h, rotation), on soumet le mélange de clinker ainsi obtenu et, à titre de comparaison, un clinker de ciment Portland exempt de clinker de marne à un essai suivant la norme autrichienne B 3310 prévue pour les ciments ;

25 on obtient les résultats suivants :

	Clinker de ciment Portland non mélangé	Mélange de clinker de ciment Port- land et de clinker de marne	
	Rigidité normalisée (%)	27,0	28,0
	Début de la prise (h/min.)	2/25	1/45
5	Fin de la prise (h/min.)	3/05	2/25
	Echantillon de cuisson	stable	stable
	Expansion (cm)	20,0	20,1
	Résistance à la flexion (kp/cm2)		
	1 jour	47	45
10	3 jours	56	53
	7 jours	65	66
	28 jours	73	75
	Résistance à la compression (kp/cm2)		
15	1 jour	186	203
	3 jours	278	288
	7 jours	356	364
	28 jours	479	488

20 Exemple 4

Dans un four tubulaire rotatif chauffé au gaz (puissance : 660 t/jour) pourvu de réfrigérants satellites, au moyen d'une vis sans fin, on charge, dans la partie du four venant à la suite des réfrigérants satellites, une marne d'une granularité de 3/10 mm et constituée de 25,7% de pertes au feu, de 28,4% de SiO₂, de 15,5% d'Al₂O₃, de 9,4% de Fe₂O₃ et de 43,1% de CaO. Suite à la forme conique de cette partie du four, la matière première de clinker de marne est transportée vers les ouvertures d'admission des réfrigérants satellites où elle se

25 mélange au clinker chaud venant du four pour pénétrer dans les réfrigérants avec ce dernier. Grâce au transfert de chaleur du clinker de ciment Portland chaud à la matière première de clinker de marne, la température régnant dans le réfrigérant est sensiblement abaissée. La quantité ajoutée est calculée

30 de façon à obtenir un rapport de 85:15 entre le clinker de ciment Portland de la composition habituelle et le clinker de marne. On broie le clinker ainsi obtenu et, à titre de comparaison, un clinker de ciment Portland exempt de clinker de marne avec un mélange de roche de gypse brute et d'anhydrite

35 en ajoutant 15% de scories de haut fourneau. Avec ces ciments,

40

on forme ensuite des cubes en béton de 20 cm de côté (teneur en ciment : 325 kg/m³ ; granularité maximale : 25 mm ; courbe de tamisage se situant dans la bonne zone; facteur eau/ciment = 0,55).

5		Clinker de ciment Portland non mélangé	Mélange de clinker de ciment Port- land et de clinker de marne
10	Expansion (cm)	35	38
	Résistance à la compression (kp/cm ²)		
	après 40 heures	115	135
	7 jours	307	319
15	28 jours	411	436

Des bétonnages de plaques de recouvrement, effectués simultanément démontrent une aptitude au traitement nettement meilleure pour le béton réalisé avec un ciment contenant du clinker de marne. De même, lorsque ce béton est pris, il s'y forme beaucoup moins de fissures.

25

30

35

40

REVENDECATIONS

1. Ciment constitué d'au moins deux clinkers dont l'un est un clinker de ciment Portland de la composition habituelle, tandis que l'autre est au moins un clinker cuit à des températures allant jusqu'à un maximum d'environ 1.200°C, caractérisé en ce que, outre le clinker de ciment Portland, ce ciment contient au moins un clinker de marne poreux attaqué par un processus de cuisson à des températures comprises entre 450 et 1.250°C, ce clinker contenant des phases minérales pauvres en chaux et aptes à l'hydratation, ainsi qu'éventuellement des composants solidifiés à l'état vitreux.

2. Ciment selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient un clinker de marne poreux cuit à des températures comprises entre 700 et 1.100°C.

3. Ciment suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, comme phases minérales pauvres en chaux et aptes à l'hydratation, ainsi que comme composants solidifiés à l'état vitreux, le clinker de marne poreux contient au moins un composé choisi parmi le groupe comprenant les composés ternaires pauvres en chaux, les silicates de calcium pauvres en chaux, les aluminates de calcium pauvres en chaux, l'anhydrite formée par la réaction entre le carbonate de calcium désacidifié avec des composés de soufre, les composants de systèmes à plusieurs matières constitués principalement de composés alcalins provenant des constituants secondaires des matières premières, les composés de soufre, les composés de fer, le fluor et les matières analogues favorisant la réaction entre la chaux et les facteurs hydrauliques; de même que les cristaux mixtes des composants ou des composés précités.

4. Ciment suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les composés ternaires pauvres en chaux sont choisis parmi le groupe comprenant la gehlenite, la mélilithe, l'akermanite, la brownmillerite, $4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, l'anorthite, le grossulaire, le diopside, la monticellite, la merwinite et la spurrite, ces composés étant présents en quantités de 10 à 100% en poids, calculés sur la quantité de clinker de marne.

5. Ciment suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les composés ternaires pauvres en chaux choisis parmi le groupe précité sont présents en quantités de 30 à 100% en poids, calculés sur la quantité de clinker de marne.

6. Ciment suivant l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que les composés ternaires pauvres en chaux choisis parmi le groupe précité sont présents en quantité de 50 à 100% en poids, calculés sur la quantité de clinker de marne.

7. Ciment suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, comme silicate de calcium pauvre en chaux, le clinker de marne contient du silicate dicalcique en quantités de 5 à 100% en poids.

8. Ciment selon la revendication 7, caractérisé en ce que le clinker de marne contient 20 à 100% en poids de silicate dicalcique.

9. Ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le clinker de marne contient 5 à 100% en poids d'aluminates de calcium pauvres en chaux.

10. Ciment selon la revendication 9, caractérisé en ce que le clinker de marne contient 15 à 100% en poids d'aluminate de calcium pauvres en chaux.

11. Ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que, comme clinker de ciment Portland de la composition habituelle, il contient un clinker ayant, après refroidissement, un indice de chaux supérieur à 90, en particulier, supérieur à 96.

12. Ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il contient du clinker de ciment Portland et du clinker de marne dans le rapport pondéral de 25:1 à 1:1, en particulier, de 25:1 à 2:1 (rapport entre le clinker de ciment Portland et le clinker de marne).

13. Ciment selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il contient du clinker de ciment Portland et du clinker de marne dans le rapport pondéral de 10:1 à 4:1.

14. Ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le clinker de marne contient une certaine quantité de masse fondue.

15. Ciment selon la revendication 14, caractérisé en ce que le clinker de marne contient moins de 10% en poids de masse fondue.

5 16. Ciment selon l'une quelconque des revendications 14 et 15, caractérisé en ce que le clinker de marne contient moins de 5% en poids de masse fondue.

10 17. Ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que, outre le clinker de ciment Portland et le clinker de marne, il contient des additifs habituels du ciment choisis parmi le groupe comprenant le laitier de haut fourneau, le trass, les cendres volantes, la pouzzolane naturelle, la pouzzolane synthétique, la farine crue de ciment, la farine de roche, le sulfate de calcium, le gypse de dihydrate, l'anhydrite, les produits auxiliaires de broyage et les formateurs de pores d'air.

15 18. Ciment selon la revendication 17, caractérisé en ce que, comme farine de roche, il contient de la farine de pierre à chaux en une quantité de 5 à 15% en poids, calculés sur la quantité de clinker de marne.

20 19. Procédé de préparation du ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'on cuit de la farine crue de ciment Portland de façon connue en soi dans un processus de cuisson pour former un clinker de ciment Portland tandis que, en utilisant la chaleur fournie
25 au clinker de ciment Portland ou la quantité de chaleur libérée lors du refroidissement ultérieur du clinker chaud, on ajoute, au clinker de ciment Portland chaud, dans la zone de refroidissement du procédé et lorsque ce clinker a atteint sa température maximum, au moins une matière première prévue pour la
30 cuisson du clinker de marne poreux, cette matière étant choisie parmi le groupe comprenant la marne, l'argile calcaire, la marne calcaire, la pierre à chaux argileuse, l'ardoise, l'ardoise argileuse, la phyllite, la phyllite calcaire, les roches ultrabasiques, la dolomite et les produits résiduaux ayant la même
35 composition que les matières précitées tandis que, par suite du contact direct avec le clinker de ciment Portland chaud, on chauffe à la température désirée de 450 à 1.250°C, après quoi on refroidit les deux clinkers.

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'on chauffe au moins une matière première de clinker de marne du groupe précité à une température de 700 à 1.100°C.

5 21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 et 20, caractérisé en ce que, au clinker de ciment Portland chaud, on ajoute les matières premières prévues pour le clinker de marne et choisies parmi le groupe précité en une granularité comprise entre 5 et 100 mm.

10 22. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que les matières premières pour le clinker de marne choisies parmi le groupe précité sont ajoutées au clinker de ciment Portland chaud en une granularité de 10 à 30 mm.

15 23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que les matières premières pour le clinker de marne sont ajoutées au clinker de ciment Portland chaud de la composition habituelle dans le rapport pondéral de 1:1 à 1:25 (matières premières de clinker de marne (clinker de marne cuit préparé)/clinker de ciment Portland de la composition habituelle).

20 24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que les matières premières pour le clinker de marne sont ajoutées au clinker de ciment Portland chaud de la composition habituelle dans le rapport pondéral de 1:2 à 1:25 (matières premières de clinker de marne (clinker de marne cuit préparé)/clinker de ciment Portland de la composition habituelle).

25 25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 23 et 24, caractérisé en ce que les matières premières de clinker de marne sont ajoutées au clinker de ciment Portland chaud de la composition habituelle dans le rapport pondéral de 1:4 à 1:10 (matières premières de clinker de marne (clinker de marne cuit préparé)/clinker de ciment Portland).

30 26. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 25, caractérisé en ce que, au mélange préparé de clinker de ciment Portland et de clinker de marne poreux, on ajoute encore au moins un additif habituel du ciment choisi parmi le groupe comprenant le laitier de haut fourneau, le trass, les cendres volantes, la pouzzolane naturelle, la pouzzolane synthétique, la farine crue de ciment, la farine de roche, le sulfate de calcium, le gypse de dihydrate, l'anhydrite,

35
40

l'eau, les produits auxiliaires de broyage et les formateurs de pores d'air.

27. Dispositif pour la réalisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 26 ou pour la préparation d'un ciment selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, ce dispositif comprenant un four de cuisson, en particulier, un four rotatif en vue d'effectuer la cuisson d'un clinker de ciment Portland de la composition habituelle, de même qu'un dispositif de refroidissement et, de préférence, un dispositif de transfert situé entre la sortie du four rotatif et le dispositif ultérieur de refroidissement formé par un réfrigérant de clinker, caractérisé en ce que, pour charger les matières premières de clinker de marne, on prévoit un dispositif d'alimentation dont l'extrémité de sortie est située dans la zone de refroidissement du procédé.

28. Dispositif selon la revendication 27, caractérisé en ce que l'extrémité de sortie du dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est située dans la partie de la zone de refroidissement se trouvant encore dans le four.

29. Dispositif selon la revendication 27, caractérisé en ce que l'extrémité de sortie du dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est située dans la partie de la zone de refroidissement se trouvant dans le dispositif de transfert.

30. Dispositif selon la revendication 27, caractérisé en ce que l'extrémité de sortie du dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est située à l'intérieur de la partie de la zone de refroidissement se trouvant dans le réfrigérant de clinker.

31. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 27 à 30, caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne comporte une vis transporteuse sans fin.

32. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 27 à 30, caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne comporte un organe transporteur fixe, en particulier, une goulotte, un tuyau de descente ou analogues.

33. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 27 à 30, caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation comporte une hotte disposée sur l'enveloppe de l'extrémité de sortie du four rotatif ou du réfrigérant tubulaire formant le dispositif de refroidissement, de même que des pièces rapportées en forme de pales traversant cette enveloppe.

34. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 27 à 33, caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est raccordé au dispositif de transfert situé entre le four et le dispositif de refroidissement en intercalant au moins un dispositif d'étanchéification.

35. Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce que le dispositif d'étanchéification pour le dispositif d'alimentation est un clapet oscillant double.

36. Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce que le dispositif d'étanchéification pour le dispositif d'alimentation est un sas cellulaire.

37. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 27 et 29, caractérisé en ce que, dans le cas d'un four rotatif comportant des réfrigérants satellites, le dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est dirigé dans la zone des orifices de passage du four rotatif aux réfrigérants satellites.

38. Dispositif selon la revendication 37, caractérisé en ce que, sur le côté intérieur de l'enveloppe du four rotatif et à la sortie de ce dernier, on incorpore au moins une spirale ou une aile de vis sans fin transportant les matières premières de clinker de marne se trouvant aux orifices de passage du four rotatif aux réfrigérants satellites tandis que, en présence de plusieurs spirales ou ailes de vis sans fin, leurs extrémités de sortie sont dirigées chacune vers les ouvertures d'entrée désirées des réfrigérants satellites.

39. Dispositif selon la revendication 38, caractérisé en ce que la sortie du four rotatif est conique.

40. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 27 à 39, caractérisé en ce que le dispositif d'alimentation destiné à charger les matières premières de clinker de marne est relié au four ou au dispositif de transfert en intercalant au moins un dispositif de dosage.

FIG. 1

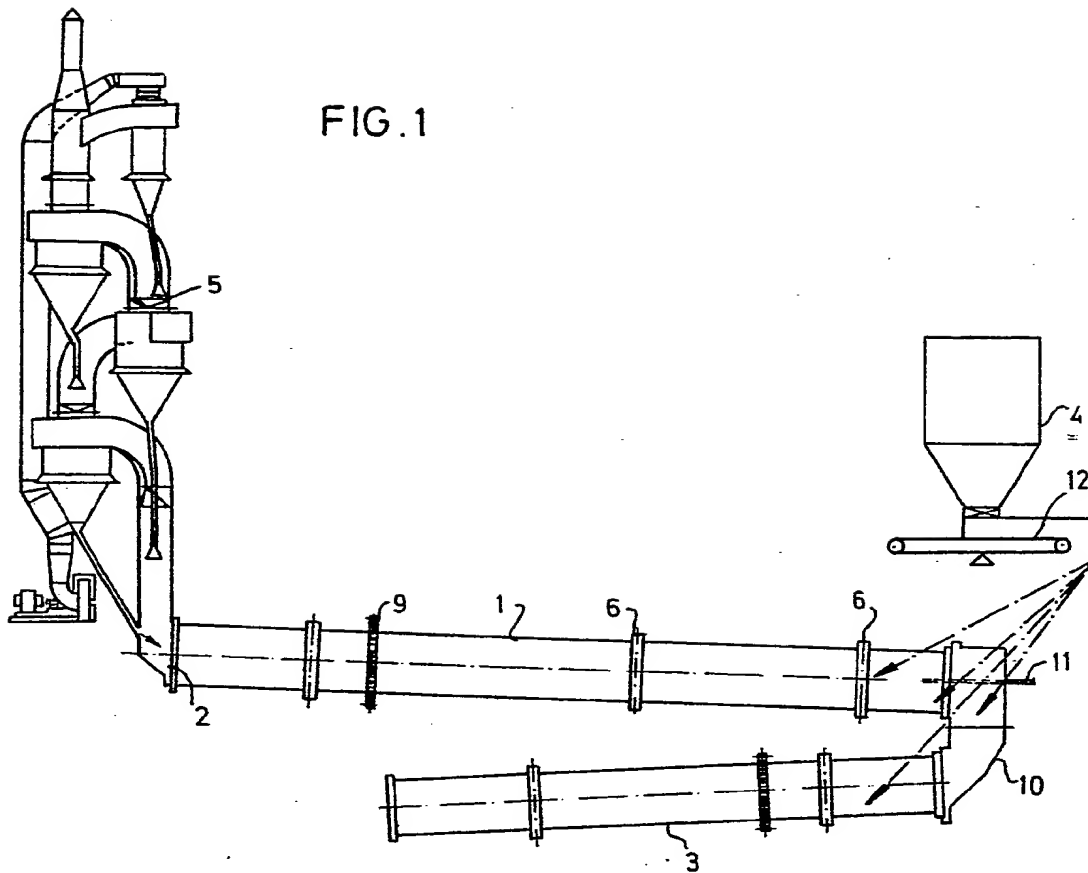


FIG. 2

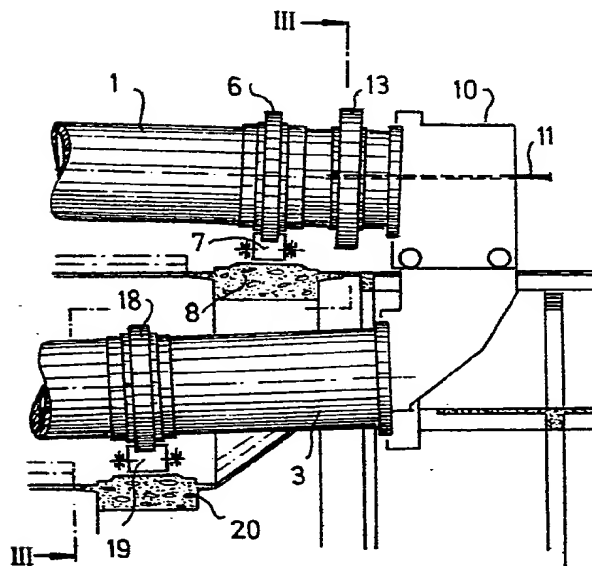


FIG. 3

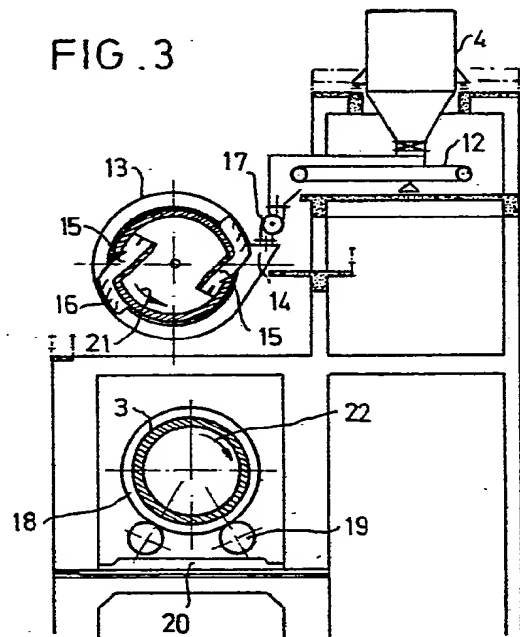


FIG. 4

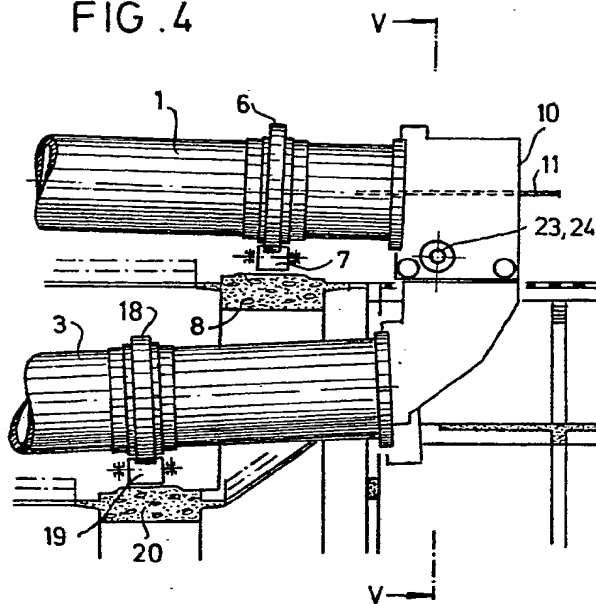


FIG. 5

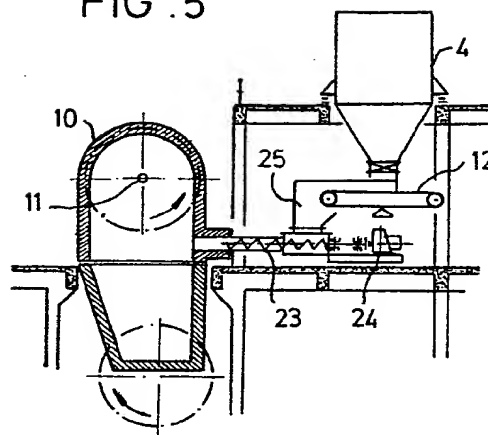


FIG. 6

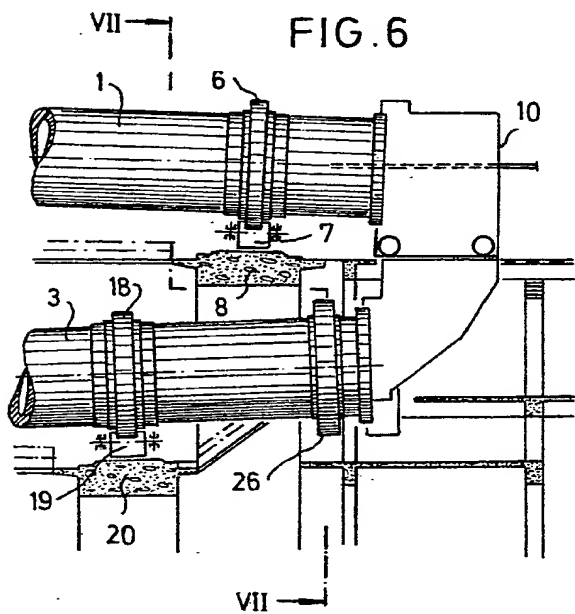


FIG. 7

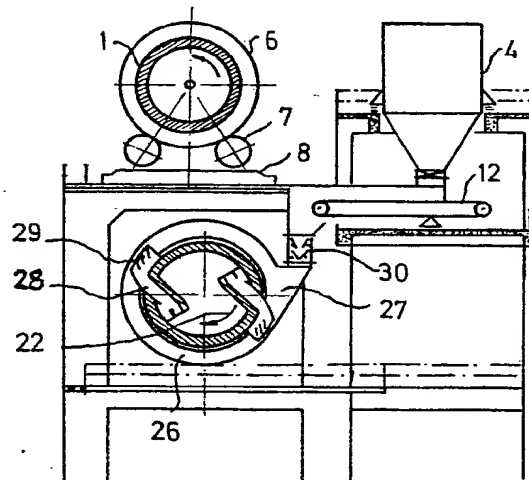


FIG. 8

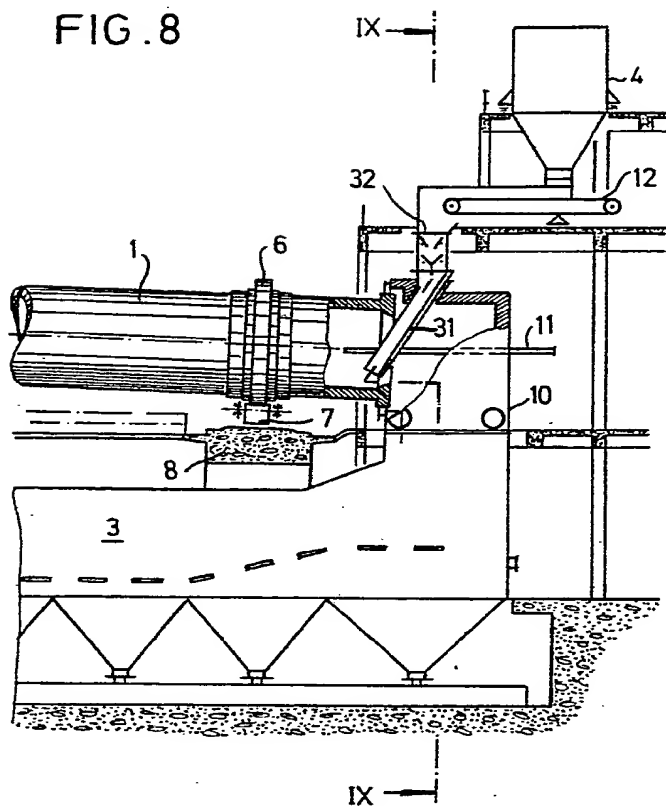


FIG. 9

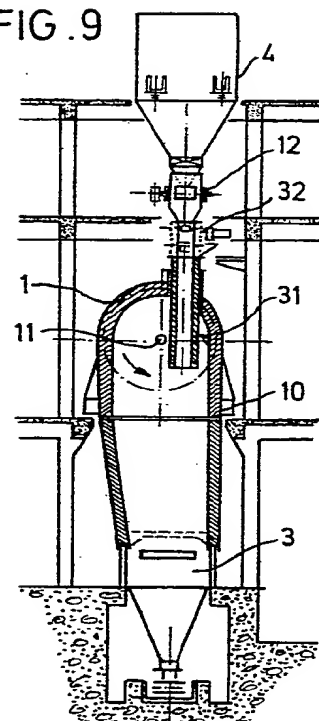


FIG. 10

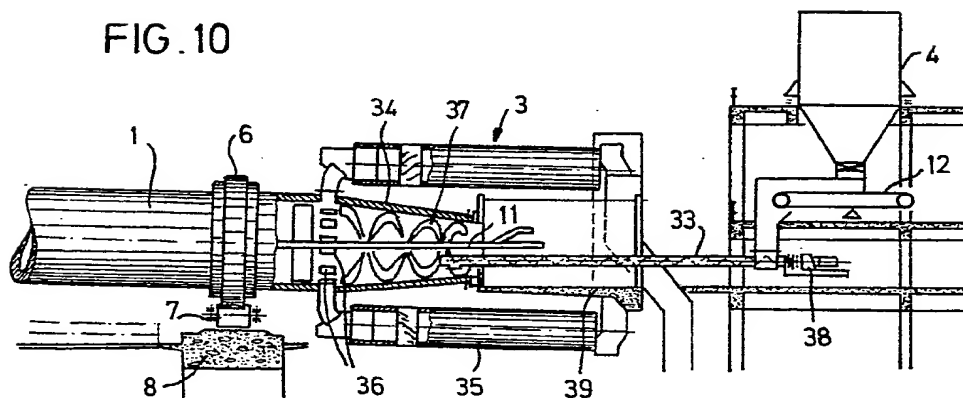


FIG. 11

